



**University of  
Zurich<sup>UZH</sup>**

**Zurich Open Repository and  
Archive**

University of Zurich  
University Library  
Strickhofstrasse 39  
CH-8057 Zurich  
[www.zora.uzh.ch](http://www.zora.uzh.ch)

---

Year: 2016

---

## **Der Ironman-Triathlon**

Knechtle, Beat ; Nikolaidis, Pantelis T ; Rosemann, Thomas ; Rüst, Christoph A

**Abstract:** Zusammenfassung. Jedes Jahr versuchen Tausende von Triathleten sich für den «Ironman Hawaii» (3,8 km Schwimmen, 180 km Radfahren und 42,195 km Laufen), die Weltmeisterschaft der Langstreckentriathleten, zu qualifizieren. Wir stellen die wichtigsten Erkenntnisse der Literatur zusammen, welche Faktoren die Leistung für einen Ironman-Triathlon am ehesten beeinflussen können. Die wichtigsten leistungsbeeinflussenden Faktoren für eine schnelle Ironman-Wettkampfzeit für Männer wie für Frauen sind ein grosses Trainingsvolumen und eine hohe Intensität im Training, wobei ein grosses Volumen wichtiger ist als eine hohe Intensität, ein tiefer prozentualer Anteil an Körperfett, ein ideales Alter von 30–35 Jahren, eine schnelle persönliche Bestzeit über die Olympische Distanz (1,5 km Schwimmen, 40 km Radfahren und 10 km Laufen), eine schnelle persönliche Bestzeit im Marathon sowie Herkunft aus den USA. **Abstract.** Every year, thousands of triathletes try to qualify for the «Ironman Hawaii» (3,8 km swimming, 180 km cycling and 42,195 km running), the World Championship of long-distance triathletes. In this overview, we present the recent findings in literature with the most important variables with an influence on Ironman triathlon performance. The most important performance-influencing factors for a fast Ironman race time for both women and men are a large training volume and a high intensity in training, a large volume being more important than a high intensity, a low percentage of body fat, an ideal age of 30–35 years, a fast personal best in the Olympic distance triathlon (1,5 km swimming, 40 km cycling and 10 km running), a fast personal best in marathon running and origin from the United States of America.

DOI: <https://doi.org/10.1024/1661-8157/a002369>

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-124960>

Journal Article

Accepted Version

Originally published at:

Knechtle, Beat; Nikolaidis, Pantelis T; Rosemann, Thomas; Rüst, Christoph A (2016). Der Ironman-Triathlon. *Praxis*, 105(13):761-773.

DOI: <https://doi.org/10.1024/1661-8157/a002369>

<sup>1</sup> Gesundheitszentrum St. Gallen, St. Gallen

<sup>2</sup> Institut für Hausarztmedizin, Universität Zürich, Zürich

<sup>3</sup> Department of Physical and Cultural Education, Hellenic Army Academy, Nikaia, Greece

Beat Knechtle <sup>1,2</sup>, Pantelis T. Nikolaidis <sup>3</sup>, Thomas Rosemann <sup>2</sup>, Christoph A. Rüst <sup>2</sup>

## **Der Ironman Triathlon**

Ironman Triathlon

## **Zusammenfassung**

Jedes Jahr versuchen Tausende von Triathleten sich für den ‚Ironman Hawaii‘ (3,8 km Schwimmen, 180 km Radfahren und 42,195 km Laufen), die Weltmeisterschaft der Langstreckentriathleten, zu qualifizieren. Wir stellen die wichtigsten Erkenntnisse der Literatur zusammen welche Faktoren die Leistung für einen Ironman-Triathlon am ehesten beeinflussen können. Die wichtigsten leistungsbeeinflussenden Faktoren für eine schnelle Ironman-Wettkampfzeit für Männer wie für Frauen sind ein grosses Trainingsvolumen und eine hohe Intensität im Training, wobei ein grosses Volumen wichtiger ist als eine hohe Intensität, ein tiefer prozentualer Anteil an Körperfett, ein ideales Alter von 30-35 Jahren, eine schnelle persönliche Bestzeit über die Olympische Distanz (1,5 km Schwimmen, 40 km Radfahren und 10 km Laufen), eine schnelle persönliche Bestzeit im Marathon sowie Herkunft aus den USA.

**Schlüsselwörter:** Schwimmen, Radfahren, Laufen, Geschlecht

**Abstract**

Every year, thousands of triathletes try to qualify for the 'Ironman Hawaii' (3.8 km swimming, 180 km cycling and 42.195 km running), the World Championship of long-distance triathletes. In this overview, we present the recent findings in literature with the most important variables with an influence on Ironman triathlon performance. The most important performance-influencing factors for a fast Ironman race time for both women and men are a large training volume and a high intensity in training, where a large volume is more important than a high intensity, a low percentage of body fat, an ideal age of 30-35 years, a fast personal best in the Olympic distance triathlon (1.5 km swim, 40 km cycling and 10 km running), a fast personal best in marathon running and origin from the United States of America.

**Key words:** Swimming, Cycling, Running, Sex

## **Résumé**

Chaque année des milliers de triathlètes tentent de se qualifier pour l'Ironman Hawaii' (3,8 km de natation, 180 km à vélo et 42,195 km de course à pied), le championnat du monde de triathlon de longue distance. Dans cet aperçu, nous présentons les principales conclusions de la littérature ainsi que les facteurs qui affectent la performance d'un triathlon Ironman. Les plus importants facteurs de performance influençant pour le temps le plus rapide de compétition Ironman sont un grand volume et une haute intensité dans l'entraînement où un grand volume est plus important qu'une haute intensité, un pourcentage très bas de la graisse du corps, un âge idéal de 30-35 ans, un très vite record personnel sur la distance du triathlon olympique (1,5 km de natation, 40 km à vélo et 10 km de course à pied), un très vite record personnel au marathon et provenance des États-Unis.

**Mots-clés:** Natation, Cyclisme, Course à pied, sexe

## Einleitung

Als Triathlon wird eine Wettkampfform bezeichnet bei der die Sportarten Schwimmen, Radfahren und Laufen hintereinander und ohne Unterbruch ausgeführt werden. Zwischen Schwimmen und Radfahren sowie zwischen Radfahren und Laufen werden in einer sog. Wechselzone (transition area) Material und Kleidung für die nächste Disziplin gewechselt. Die Uhr läuft trotz des Unterbruchs in der Wechselzone weiter. Je nach Streckenlänge variieren die Längen der einzelnen Disziplinen.

Der weltweit allgemein bekannteste Triathlon ist der ‚Ironman Hawaii‘, die Weltmeisterschaft der Langdistanz-Triathleten [1]. Bei einem Langdistanz-Triathlon wie dem ‚Ironman Hawaii‘ müssen die Athleten 3,8 km Schwimmen, 180 km Radfahren und 42,195 km Laufen absolvieren. Die Idee zum ‚Ironman Hawaii‘ entstand im Jahre 1977 aus einer Bierwette heraus [2]. Damals fanden auf der Insel Oahu militärische Ausdauerwettkämpfe statt. Der amerikanische Marineoffizier John Collins diskutierte mit seinen Offizieren ob Läufer, Schwimmer oder Radfahrer die härteren Ausdauersportler seien da auf Hawaii ein langer Schwimmwettkampf (3,8 km im Meer schwimmen), ein langes Radrennen (180 km) sowie ein klassischer Marathon angeboten wurden. So kam es zu später Stunde zur Bierwette, alle drei Wettkämpfe resp. Disziplinen in möglichst kurzer Zeit hintereinander zu absolvieren und die Idee des ‚Ironman‘ war geboren mit den Worten ‚Whoever finishes first, we'll call him the Iron Man‘ [3]. Am 18. Februar 1978 standen somit erstmals 15 Männer für eine Startgebühr von drei US-Dollar am Strand von Waikiki zur ersten Austragung des ‚Ironman Hawaii‘ über 2,4 Meilen (3,8 km) Schwimmen im Ozean vor der Küste von Waikiki, das 112 Meilen (180 km) lange Radrennen auf der Insel Oahu und den abschliessende Marathonlauf (42,195 km) in Honolulu [3].

Seit 1981 wird das Rennen in Kailua-Kona auf Big Island ausgetragen. Heute wird der ‚Ironman Hawaii‘ zu den 12 härtesten Ausdauerwettkämpfen der Welt gezählt [4] und das Rennen wird als Weltmeisterschaft der Langstrecken-Triathleten ausgetragen. Jedes Jahr wollen sich Tausende bis Zehntausende von Triathleten für den ‚Ironman Hawaii‘ qualifizieren [5,6]. Aktuell gibt es weltweit 41 Ironman-Wettkämpfe bei denen eine Qualifikation zum ‚Ironman Hawaii‘ möglich ist [7]. Am ‚Ironman Hawaii‘ können die Triathleten als ‚pro athletes‘ (Profi-Triathleten) oder ‚age group athletes‘ (Altersklassen-Triathleten) starten. Das Prozedere für die Qualifikation für die beiden Kategorien ist allerdings unterschiedlich. Für die Profi-Triathleten wird seit September 2011 das ‚Kona Pro Ranking System‘ (KPR) zur Qualifikation für den ‚Ironman Hawaii‘ angewendet. Die Profi-Triathleten, die auf Hawaii um die insgesamt 650'000 US-Dollar Preisgeld kämpfen, sind verpflichtet pro Saison an mehreren von der WTC (World Triathlon Corporation) organisierten oder lizenzierten Wettkämpfen teilzunehmen und dabei Punkte zu sammeln.

Anders sieht es bei den Altersklassenathleten aus. Die Anzahl der pro Wettkampf an Amateure vergebenen Qualifikationsplätze für den ‚Ironman Hawaii‘ hängt von der Altersklasse ab und variiert unter den einzelnen Ironman-Wettkämpfen teils recht stark. Die Erstplatzierten beim ‚Ironman Hawaii‘ in den einzelnen Altersklassen sind ohne weitere Qualifikation für einen Startplatz im Folgejahr berechtigt.

In dieser Übersicht stellen wir die wissenschaftliche Literatur zu Triathlon und spezifisch zu Ironman-Triathlon zusammen. Anhand der bisherigen Erkenntnisse können wir dem Athleten, Trainer sowie Arzt Hinweise für eine zielgerichtete Vorbereitung auf einen Ironman-Triathlon geben. Im Laufe der Vorbereitungs- und Wettkampfzeit kann der Athlet dank dieser Kenntnisse allenfalls eine Verbesserung der Ironman-Bestzeit erzielen. Der Ironman-Triathlon ist für die Schweiz resp. Schweizer Triathleten in zweifacher Sicht von Bedeutung: einerseits hat die Schweiz mit dem ‚Ironman Switzerland‘ seit Jahren einen eigenen Ironman-Wettkampf [8] zur Qualifikation für den ‚Ironman Hawaii‘ und andererseits erzielen vor allem Schweizer Triathletinnen seit Jahren am Ironman Hawaii Podestplätze. So gewann Natascha Badmann den ‚Ironman Hawaii‘ insgesamt sechs Mal zwischen 1998 und 2005 [9], Daniela Ryf einmal in 2015 [10], und Caroline Steffen kam zwei Mal auf Rang 2 ins Ziel [11]. Ein Sieg am ‚Ironman Hawaii‘ ist für einen Schweizer Sportler von grosser Bedeutung. Natascha Badmann wurde dank ihrer Leistungen am ‚Ironman Hawaii‘ 1998 und 2002 zur Schweizer Sportlerin des Jahres gewählt [12]. Und Daniela Ryf wurde 2015 nach ihrem Sieg am ‚Ironman Hawaii‘ ebenfalls Schweizer Sportlerin des Jahres [12].

### **Die Herkunft der Athleten**

Die Herkunft eines Sportlers scheint von grosser Bedeutung für seine Leistung zu sein. So ist aus der Leichtathletik bekannt dass die schnellsten Marathonläufer aus Ostafrika stammen, speziell aus Kenia und Äthiopien [13,14]. Auch beim Ironman-Triathlon scheint die Herkunft von Bedeutung zu sein. Der ‚Ironman Hawaii‘ wurde in Hawaii, USA, erfunden und wird seit seiner ersten Austragung ununterbrochen dort ausgetragen [15]. So erstaunt es nicht das US-amerikanische Triathletinnen und Triathleten am häufigsten auf Hawaii starten und auch am erfolgreichsten am ‚Ironman Hawaii‘ abschneiden. Die Abbildung 1 zeigt die Top-3 der Frauen und die Abbildung 2 die Top-3 der Männer nach Nationalität seit der ersten Austragung des ‚Ironman Hawaii‘. Führend sind bei den Frauen Athletinnen aus USA, gefolgt von Triathletinnen aus Kanada und der Schweiz. Bei den Männern sind die Top-3 Nationen USA, Deutschland und Australien.

Dieser Trend für die Top-Athleten lässt sich auch für das grosse Kollektiv aller Finisher bestätigen. Eine Studie untersuchte den Aspekt der Herkunft aller Triathleten am ‚Ironman Hawaii‘ von 1985 bis 2012 und kam zum Schluss dass die meisten Finisher aus den USA

(47,5%) stammten, gefolgt von Athleten aus Deutschland (11,7%), Japan (7,9%), Australien (6,7%), Kanada (5,2%), der Schweiz (2,9%), Frankreich (2,3%), Großbritannien (2,0%), Neuseeland (1,9%) und Österreich (1,5%) [16]. Erstaunlicherweise dominieren US-amerikanische Athleten nicht nur die Teilnahme sondern auch die Leistung am ‚Ironman Hawaii‘. Wenn man die Wettkampfzeiten am ‚Ironman Hawaii‘ nach Herkunft analysiert, so stammen die schnellsten Frauen aus den USA, gefolgt von Athletinnen aus Großbritannien und der Schweiz. Bei den Männern stammen die schnellsten Athleten aus den USA, gefolgt von Triathleten aus Deutschland und Australien [16].

Die Dominanz der US-amerikanischen Triathleten auf Hawaii dürfte aber bald der Vergangenheit angehören. Wenn man die Siegerlisten von 1978 bis 2015 anschaut, so zeigt sich speziell bei den Frauen (Tabelle 1) aber auch bei den Männern (Tabelle 2) dass Triathleten aus Europa und Australien in den letzten Jahren dominierten. Während bei den Männern in 2002 mit Tim DeBoom der letzte US-Amerikaner den ‚Ironman Hawaii‘ gewann, gewann bei den Frauen letztmals 1995 eine Amerikanerin.

Ein Aspekt der amerikanischen Dominanz liegt auch in der Qualifikation für den ‚Ironman Hawaii‘. Dies zeigte sich in einer Analyse der Finisher am ‚Ironman Hawaii‘ sowie der Qualifikationsrennen für das Jahr 2010 [5]. Die Amerikaner sind sowohl in den Qualifikationsrennen sowie am ‚Ironman Hawaii‘ selber am meisten vertreten. Hinter den US-Amerikanern folgten Athleten aus Deutschland und Kanada. Nebst der Teilnahme liegt aber auch in der Leistung ein Unterschied bezüglich der Nationalität zwischen den Qualifikationsrennen und dem ‚Ironman Hawaii‘ vor [5]. Die Schlusszeiten sind in den Qualifikationsrennen schneller als am ‚Ironman Hawaii‘. Während in den Qualifikationsrennen die schnellsten Frauen aus den USA, Deutschland und der Schweiz stammten, waren am ‚Ironman Hawaii‘ die schnellsten Frauen aus den USA, Australien und Deutschland. Bei den Männern stammten in den Qualifikationsrennen die schnellsten Athleten aus Deutschland, Australien und England. Auf Hawaii waren dann aber Triathleten aus den USA, Deutschland und Australien am schnellsten.

Wenn man das Geschlecht betrachtet, so beendete ein höherer Prozentsatz bei den Frauen (27,2%) erfolgreich den ‚Ironman Hawaii‘ während nur 18,9% der Frauen ein Qualifikationsrennen erfolgreich beendeten [5]. Bei den Männern war es gerade umgekehrt. In den Qualifikationsrennen waren 81,1% der Männer erfolgreich, am ‚Ironman Hawaii‘ hingegen nur noch 72,8% [5]. Diese Unterschiede zwischen den Qualifikationsrennen und dem ‚Ironman Hawaii‘ weisen darauf hin dass das Qualifikationssystem offensichtlich unterschiedlich ist bezüglich des Geschlechts und der Herkunft der Athleten.



## **Die Vorbereitung auf einen Ironman-Triathlon**

Um erfolgreich einen Ironman-Triathlon zu beenden ist ein entsprechendes Training nötig. Mehrere Studien haben gezeigt dass ein direkter Zusammenhang zwischen Variablen des Trainings und der Ironman-Wettkampfzeit vorliegt [17-20]. Für eine Schlusszeit schneller als 10:30 h:min am ‚Ironman Hawaii‘ braucht ein Triathlet ein größeres Trainingsvolumen und eine höhere Geschwindigkeit im Training als ein Triathlet mit einer langsameren Schlusszeit als 10:30 h:min [21]. Die Intensität im Training scheint von großer Bedeutung für die Wettkampfzeit zu sein [20]. Während das Training mehrheitlich bei tiefer Intensität absolviert wird, ist die Intensität im Wettkampf deutlich höher. Wird aber das Training bei einer zu hohen Intensität absolviert, so kann das zu einem deutlichen Nachteil im Wettkampf führen.

Obwohl zwischen männlichen und weiblichen Ironman-Triathleten der Amateurklasse kein Unterschied in der Trainingsvorbereitung bezüglich Volumen und Geschwindigkeit erkennbar ist [21], liegen deutliche Unterschiede im Zusammenhang zwischen Trainingscharakteristika wie Volumen und Geschwindigkeit mit den Wettkampfzeiten vor [18,22]. Die Anzahl der wöchentlichen Trainingsstunden korreliert bei Triathleten der Amateurklasse mit der Ironman-Wettkampfzeit bei Frauen [18] aber nicht bei Männern [22]. Im Schwimmen liegt bei Männern ein Zusammenhang zwischen den wöchentlichen Schwimmkilometern und der Schwimmzeit im Ironman-Triathlon vor [23], während für die Frauen kein Zusammenhang zwischen Schwimmtraining und Leistung im Wettkampf gefunden werden konnte. Für das Radfahren zeigte sich bei den Männern ein Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit im Radtraining und der Geschwindigkeit des Radabschnitts im Ironman [23-25], während bei den Frauen die wöchentlichen Radkilometer mit der Abschnittszeit für Radfahren im Ironman korrelierten [26]. Die Laufgeschwindigkeit im Training zeigt einen Zusammenhang mit der Marathonzeit im Ironman bei den Frauen [27]. Bei den Männern zeigte sich hingegen ein Zusammenhang zwischen der Laufgeschwindigkeit im Training und der Schlusszeit im Ironman [17].

## **Die Bedeutung der Erfahrung**

Nebst dem Training ist auch die Erfahrung von zentraler Bedeutung für eine schnelle Ironman-Schlusszeit [17,18,26,28-30]. Dabei zeigte sich dass die persönlichen Bestzeiten von kürzeren Triathlon-Strecken wie etwa die Olympische Distanz (1,5 km Schwimmen, 40 km Radfahren und 10 km Laufen) sowie die Marathon-Bestzeit wichtig sind. Mehrere Studien mit Triathleten der Amateurklasse zeigten dass die Zahl der erfolgreich gefinishten Triathlon-Rennen [28] sowie die persönliche Bestzeit über die Ironman-Strecke sowie im Olympischen Triathlon entscheidende Variablen sind für eine schnelle Ironman-Schlusszeit [17,18,26,29,30]. Auch über die halbe Ironman-Distanz (1,9 km Schwimmen, 90 km

Radfahren und 21,1 km Laufen) zeigte sich das schnellere Finisher mehr Rennen absolviert hatten als langsamere Finisher [28]. Für Ironman-Triathleten ist die persönliche Bestzeit über die Olympische Distanz sowohl für Männer [17,29,30] wie für Frauen [26,29] von entscheidender Bedeutung für eine schnelle Schlusszeit sind.

Nebst der persönlichen Bestzeit von kürzeren Triathlon-Strecken ist auch die persönliche Bestzeit im Marathon von Bedeutung für einen schnellen Ironman [26,30]. Bei männlichen Ironman-Triathleten der Amateurklasse korrelierte die persönliche Marathon-Bestzeit mit der Marathonzeit im Ironman [17]. Zudem liegt bei Männern der Amateurklasse ein klarer Zusammenhang zwischen einer schnellen persönlichen Marathon-Bestzeit sowie einer schnellen persönlichen Bestzeit im Olympischen Triathlon mit der Ironman-Schlusszeit vor [17].

Wenn man die Sieger am ‚Ironman Hawaii‘ und deren internationale Erfahrung – dargestellt als Siege an internationalen Rennen - seit 2004 bis heute näher betrachtet, so zeigt sich für die Männer (Tabelle 3) wie für die Frauen (Tabelle 4) dass diese Athleten vor ihrem Sieg am ‚Ironman Hawaii‘ bereits teils mehrere Ironman-Wettkämpfe gewonnen hatten. Allerdings liegt ein etwas unterschiedlicher Trend zwischen den Geschlechtern vor. Frauen haben eher mehr kürzere Rennen vor dem Sieg am ‚Ironman Hawaii‘ gewonnen während die Männer eher mehr Ironmans gewannen. Bei den Frauen sind mehrere Athletinnen wie Daniela Ryf, Mirinda Carfrae, Leanda Cave, Chrissie Wellington, Michellie Jones, und Natascha Badmann die in Rennen über kürzere Distanzen teils äusserst erfolgreich waren. Aus Schweizer Sicht ist zu erwähnen dass Natascha Badmann 1997 Europameisterin über die Olympische Distanz war und Daniela Ryf vor ihrem Sieg am ‚Ironman Hawaii‘ im Jahr 2015 im gleichen Jahr sowie im Jahr davor Weltmeisterin über die halbe Ironman-Distanz wurde. Daneben hat Daniela Ryf vor dem ‚Ironman Hawaii‘ etliche Rennen über die halbe Ironman-Distanz gewonnen.

### **In welchem Alter wird die schnellste Ironman-Zeit erzielt?**

Der französische Ironman-Triathlet und Sportwissenschaftler Romuald Lepers hat als Erster untersucht wie die Leistung im Olympischen Triathlon sowie im Ironman-Triathlon mit zunehmendem Alter abnimmt [31,32]. Der altersbedingte Leistungsabfall hängt im Triathlon von den einzelnen Disziplinen ab wobei die Leistungseinbusse beim Schwimmen und Laufen früher eintritt als beim Radfahren [32]. Der Leistungsabfall ist zudem abhängig von der Streckenlänge. Auf der Ironman-Strecke fällt die Leistung beim Radfahren und Laufen ausgeprägter ab als auf der Olympischen Strecke [31].

Für den aktiven Triathleten ist der altersbezogene Leistungsabfall [31,32] wohl weniger von Interesse als vielmehr zu wissen in welchem Alter und auf welcher Strecke er die beste Leistung zu erwarten hat [28,32-35]. Insbesondere interessiert den Athleten ob und wann er von den kürzeren Strecken wie Olympische Strecke und halber Ironman auf die Ironman-Strecke wechseln soll. Eine Studie untersuchte für männliche und weibliche Elite-Triathleten in welchem Alter die schnellsten Zeiten für die Olympische Distanz, die halbe Ironman-Strecke sowie die volle Ironman-Strecke zu erwarten sind [35]. Bei den Männern lag das Alter der besten Wettkampfzeit über die Olympische Distanz bei  $27.1 \pm 4.9$  Jahren, für die halbe Ironman-Strecke bei  $28.0 \pm 3.8$  Jahren und für die volle Ironman-Strecke bei  $35.1 \pm 3.6$  Jahren. Für die Frauen lagen die Werte bei  $26.6 \pm 4.4$ ,  $31.6 \pm 3.4$  und  $34.4 \pm 4.4$  Jahren für die entsprechenden Strecken. Aus diesen Zahlen kann man folgern dass kein Unterschied zwischen Männern und Frauen vorliegt, aber dass das Alter der besten Leistung mit zunehmender Streckenlänge für beide Geschlechter ansteigt. Oder anders ausgedrückt: ein Triathlet sollte in den jüngeren Lebensjahren auf den kürzeren Strecken starten und dann im Laufe des Lebens je nach Zielsetzung auf die Ironman Strecke wechseln.

Für den ‚Ironman Hawaii‘ zeigte sich dass das Alter der Top-10 Triathleten in den letzten rund 30 Jahren bei den Frauen (Abbildung 3) wie bei den Männern (Abbildung 4) kontinuierlich nicht-linear zunahm. Obwohl das Alter dieser Spitzenleute anstieg wurden die Schlusszeiten bei den Frauen (Abbildung 5) wie bei den Männern (Abbildung 6) immer schneller. Anhand des nicht-linearen Kurvenverlaufs ist zu erkennen dass die besten Männer wie die besten Frauen bis etwa 1990 ihre Gesamtzeiten deutlich verbessern konnten, ab diesem Zeitpunkt kam es nicht mehr zu grossen Verbesserungen. Trotzdem stieg das Alter noch weiter an.

Erstmals waren im Jahr 1981 mindestens 10 Männer und 10 Frauen im Ziel. Wenn man nun die Zeiten der Top-10 im Jahr 1981 (Tabelle 5) mit den Zeiten der Top-10 im Jahr 2015 (Tabelle 6) vergleicht, so konnten sich die Frauen im Laufe der Jahre deutlich stärker verbessern als die Männer. Die Verbesserungen im Schwimmen (0:30:34 h:min:sec), im Radfahren (2:14:52 h:min:sec), beim Laufen (1:34:43 h:min:sec) und in der Gesamtzeit (4:15:20 h:min:sec) waren bei den Frauen deutlich besser als bei den Männer mit 0:11:43 h:min:sec (Schwimmen), 1:15:22 h:min:sec (Radfahren), 0:32:39 h:min:sec (Laufen) und 1:57:4 h:min:sec (Gesamtzeit).

### **Die Altersklassenathleten**

Bei einem Ironman-Triathlon besteht das Starterfeld aus einem ganz kleinen Prozentsatz an Profi-Triathleten und einem sehr großen Prozentsatz an Altersklassentriathleten. Der Aspekt der Altersgruppe ist auch wichtig in Bezug auf die Qualifikation für den ‚Ironman Hawaii‘.

Wenn man die Qualifikationsrennen und den ‚Ironman Hawaii‘ bezüglich der Altersgruppen vergleicht, so zeigt sich dass Männer und Athleten der Alterskategorien 25-49 Jahre am ‚Ironman Hawaii‘ deutlich weniger stark vertreten sind im Vergleich zu den Qualifikationsrennen [6]. Im Gegenzug dazu waren Frauen sowie Männer unter 25 Jahren und über 50 Jahren relativ überproportional am ‚Ironman Hawaii‘ vertreten. Unter dem Strich haben Männer sowie Athleten jünger als 25 resp. älter als 50 Jahre deutlich mehr Probleme sich für den ‚Ironman Hawaii‘ zu qualifizieren. Zudem konnten die Altersklassentriathleten in den letzten Jahren ihre Leistung sowohl in einem Qualifikationsrennen wie dem ‚Ironman Switzerland‘ [36] und dem ‚Ironman Hawaii‘ [33] deutlich verbessern

### **Der Unterschied zwischen Mann und Frau**

Allgemein sind die Männer in Triathlon-Rennen schneller als die Frauen [31,37-39]. Allerdings liegen Unterschiede für die einzelnen Disziplinen vor [31]. Bei Finishern am ‚Ironman Hawaii‘ zwischen 1988 und 2007 lag der Unterschied im Schwimmen (9,8%) deutlich tiefer als beim Radfahren (12,7%) und Laufen (13,3%) [31]. Während dem Zeitraum von 1988 bis 2007 blieb der Geschlechtsunterschied im Schwimmen stabil, stieg beim Radfahren an und fiel beim Laufen ab. Die Werte sind bei einem Qualifikationsrennen aber deutlich anders als beim ‚Ironman Hawaii‘. Beim ‚Ironman Switzerland‘ als eines der Qualifikationsrennen für den ‚Ironman Hawaii‘ war im Zeitraum von 1996 bis 2010 der Geschlechtsunterschied beim Laufen (18,2%) grösser als beim Schwimmen (14,0%) und beim Radfahren (13,2%). Im Gegensatz zum ‚Ironman Hawaii‘ von 1988 bis 2007 fiel beim ‚Ironman Switzerland‘ zwischen 1996 und 2010 der Geschlechtsunterschied in allen Disziplinen sowie in der Gesamtzeit ab [40]. Für Altersklassentriathleten zeigte sich dass der Unterschied zwischen den Geschlechtern in Bezug auf die Gesamtzeit mit zunehmendem Alter anstieg [32] und für die halbe Ironman-Distanz [41] wie für die ganze Ironman-Distanz [38] vom Alter abhängt. Beim ‚Ironman Hawaii‘ blieb der Geschlechtsunterschied bis zum Alter von 55 Jahren stabil, stieg aber nach 55 Jahren deutlich an [38].

### **Der Aspekt des Körperbaus**

Für eine schnelle Ironman-Zeit scheinen spezifische anthropometrische Aspekte von Bedeutung zu sein [18,42-44]. In einer Feldstudie am ‚Ironman Switzerland‘ zeigte sich dass der Körpertyp von entscheidender Bedeutung für die Schlusszeit ist [42]. Ein tiefes Körpergewicht, ein tiefer Body-Mass-Index sowie ein tiefes Körperfett sind sowohl mit einer schnellen Ironman-Schlusszeit als auch mit einer schnellen Marathonzeit im Ironman assoziiert [43]. Grundsätzlich scheint das Körperfett sowohl für die halbe Ironman-Strecke [28] wie für die volle Ironman-Strecke [43,45-50] entscheidend zu sein. Auf der halben Ironman-Strecke sind Athleten mit tiefem Körperfett schneller als Athleten mit mehr

Körperfett [28]. Das Körperfett hat abhängig vom Geschlecht einen unterschiedlichen Einfluss auf die Abschnitts- resp. Schlusszeiten auf der Ironman-Strecke [18]. Während bei den Männern ein tiefes Körperfett mit schnellen Abschnittszeiten in Radfahren [50] und Laufen [46] sowie mit einer schnellen Schlusszeit [18,45,50] korrelierte zeigte sich bei den Frauen kein Zusammenhang zwischen Körperfett und Ironman-Zeiten [18,26,45].

### **Abschnittszeiten, Wechselzone, Pacing und Leistungsdichte**

Nebst den bisher erwähnten Einflussgrössen haben auch die einzelnen Abschnittszeiten (Schwimmen, Radfahren und Laufen) [32] sowie die Zeit in der Wechselzone [51] einen Einfluss auf die Schlusszeit. So haben etwa die einzelnen Abschnittszeiten einen unterschiedlichen Einfluss. Während ein direkter Zusammenhang zwischen Rad- und Laufzeit mit der Ironman-Schlusszeit vorliegt, liegt keine Korrelation der Schwimmzeit mit der Schlusszeit vor [32].

Die Zeit in der Wechselzone trägt wohl wenig zur Schlusszeit an einem Ironman-Triathlon bei. Allerdings sind am ‚Ironman Hawaii‘ in den letzten Jahren die Zeiten in der Wechselzone für die Top Ten Finisher angestiegen [51]. Im Unterschied dazu sind die Wechselzeiten bei Athleten über die halbe Ironman Distanz (Ironman 70.3) im gleichen Zeitraum (2006-2013) schneller geworden [51]. Grundsätzlich waren auch die Triathleten über Ironman 70.3 schneller in der Wechselzone als über die volle Ironmanstrecke [51]. Wenn man den Unterschied zwischen den Geschlechtern noch anschaut, so wurden die Frauen in der Wechselzone relativ zu den Männern schneller am ‚Ironman Hawaii‘ aber nicht am Ironman 70.3 [51].

Auch das Pacing während einem Ironman ist von Bedeutung für die Schlusszeit [52]. Pacing beschreibt wie ein Athlet seine Energie im Laufe der Belastung einteilt. So konnte gezeigt werden dass das Pacing auf der Rad- und Laufstrecke in den Abschnitten mit Gefälle (Anstiege resp. Abfahrten) einen direkten Einfluss auf die Schlusszeit hatten [53].

Die Leistungsdichte an der Spitze – ausgedrückt als Zeitdifferenz zwischen dem Schnellsten und dem zehntplatzierten Athleten – ist ebenfalls ein wichtiger Aspekt. Es liegt sowohl für Altersklassentriathleten wie für Profis ein Unterschied in der Leistungsdichte zwischen den Geschlechtern vor wobei dieser Unterschied von der Disziplin (Schwimmen, Radfahren, Laufen) abhängig ist. In der Regel ist der Unterschied im Schwimmen kleiner als im Radfahren und im Laufen [32]. Die Athleten konnten in den letzten zwei Jahrzehnten die Leistungsdichte deutlich verbessern und heute ist die Leistungsdichte für beide Geschlechter etwas gleich [32].

## **Das Problem der Hyponatriämie**

Nebst den bisher beschriebenen leistungsbeeinflussenden Variablen kommt dem Flüssigkeitshaushalt während einem Ironman-Triathlon eine sehr grosse Bedeutung zu. Im Rahmen des Flüssigkeitshaushaltes sind die Dehydratation sowie die belastungsassoziierte Hyponatriämie die wichtigsten Aspekte [54,55]. Die Dehydratation ist relativ ungefährlich, die Hyponatriämie kann hingegen fatale Folgen haben.

Bei einem Ironman-Triathlon kann es zu einer belastungsassoziierten Hyponatriämie – definiert als ein Plasma-Natrium  $< 135 \text{ mmol/l}$  – kommen [56-58] wenn die Athleten durch exzessives Trinken [58,59] eine Flüssigkeitsüberladung [56] provozieren. Frauen scheinen von dieser Problematik eher betroffen zu sein [60,61] wobei aber auch Männer eine Hyponatriämie an einem Ironman erleiden können [62]. Die einfachste Prävention einer Hyponatriämie ist exzessives Trinken zu vermeiden indem die Athleten während dem Rennen nach dem Lustprinzip trinken sollen [63] und nicht nach einem fest vorgegebenen Schema dauernd Flüssigkeit zuführen sollen..

Obwohl die Prävalenz der belastungsassoziierten Hyponatriämie bei einem Ironman-Triathlon relativ gering sein kann [56,57,59] besteht doch die Möglichkeit dass eine Flüssigkeitsüberladung während einem Ironman-Triathlon fatale Folgen haben kann. So starb im Sommer 2015 ein 30-jähriger Brite nach dem Ironman Germany an den Folgen einer Flüssigkeitsüberladung [64].

## **Physiologische Aspekte**

Ein Ironman-Triathlon verlangt eine Anstrengung höchster Intensität und benötigt einen entsprechend hohen Energieumsatz über den aeroben Stoffwechsel. Die maximale Sauerstoffaufnahme ( $\text{VO}_2\text{max}$ ) wird allgemein als Kriterium der aeroben Kapazität definiert. Ein  $\text{VO}_2\text{max}$  von  $69,9 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  [65] bis  $79,6 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  [66] für männliche Elite-Triathleten und von  $61,0 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  [67] bis  $65,6 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  [68] für weibliche Elite-Triathleten wurde beschrieben wenn das  $\text{VO}_2\text{max}$  in einem Stufentest auf dem Fahrrad bestimmt wurde. Der Wert ist rund 5% höher wenn der Stufentest auf dem Laufband durchgeführt wird [69]. Generell werden bei Elite-Triathleten höhere  $\text{VO}_2\text{max}$ -Werte verzeichnet als bei Hobby-Triathleten [70].

Neben dem  $\text{VO}_2\text{max}$  kann auch die maximale aerobe Geschwindigkeit (MAS, maximal aerobic speed) – definiert als die höchste Geschwindigkeit am Ende eines Leistungstests – auf dem Laufband bestimmt werden. Auf dem Fahrradergometer kann die maximal aerobe Kraft (MAP, maximal aerobic power) bestimmt werden. Für MAS werden Werte von  $20 \text{ km/h}$  [71] bis  $22 \text{ km/h}$  [72] für männliche Elite-Triathleten und  $18 \text{ km/h}$  [65] bei weiblichen Elite-

Triathleten gemessen. Für MAP liegen die Werte bei 340 W [73] bis 429 W [74] bei den Männern und von 268 W [67] bis 304 W [73] bei den Frauen.

### **Grenzen und Perspektiven**

Die meisten Ergebnisse der Studien mit Ironman-Triathleten wurden dank der Bereitschaft von Athleten der Amateurklasse gewonnen. Daten von Athleten der Profikategorie fehlen mehrheitlich. Somit sind die meisten Studienergebnisse repräsentativ für die Amateure, aber nicht für die Profis. Zukünftige Studien sollten anthropometrische und physiologische Aspekte der Profi-Triathleten untersuchen. Auffällig ist auch das mehrheitlich Athleten aus wohlhabenden Ländern wie USA, Deutschland, Japan, Australien, Kanada, Schweiz, Frankreich, Großbritannien, Neuseeland, und Österreich an Ironman-Wettkämpfen teilnehmen. Sozioökonomische Aspekte sollten in zukünftigen Studien untersucht werden. Zukünftige Studien sollten auch das Pacing während des Radfahrens und des Laufens untersuchen um herauszufinden wie die Athleten die Geschwindigkeit regulieren und wie sich eine relativ zu hohe oder zu tiefe Geschwindigkeit beim Radfahren auf das Laufen auswirkt. Aufgrund der Tatsache dass die persönliche Marathonbestzeit eine wichtige Variable mit Einfluss auf die Ironman-Schlusszeit ist sollten zukünftige Studien untersuchen ob die besten Ironman-Triathleten von der persönlichen Geschichte her eher vom Schwimmen, Radfahren oder Laufen kommen. Dies könnte für junge Athleten wichtig sein um den richtigen Fokus im Training auf das Ziel Ironman zu legen.

### **Schlussfolgerungen**

Die wichtigsten leistungsbeeinflussenden Faktoren für eine schnelle Ironman-Wettkampfzeit sind ein hohes Volumen und eine hohe Intensität im Training, wobei ein hohes Volumen wichtiger ist als eine hohe Intensität, ein tiefer prozentualer Anteil an Körperfett, ein ideales Alter von 30-35 Jahren, eine schnelle persönliche Bestzeit über die Olympische Distanz, eine schnelle persönliche Bestzeit im Marathon und Herkunft aus den USA.

**Key messages**

- Die schnellsten Triathleten am ‚Ironman Hawaii‘ stammen aus den USA, allerdings holen Triathleten aus Australien und Europa mächtig auf
- Am ‚Ironman Hawaii‘ stieg das Alter der Top-10 in den letzten 30 Jahren kontinuierlich an, trotzdem wurden die Schlusszeiten immer schneller
- Sieger am ‚Ironman Hawaii‘ haben vor ihrem Triumph auf Hawaii bereits Siege an anderen Ironman-Triathlons gefeiert oder kürzere Rennen wie Olympische Distanz oder halber Ironman an WM, EM oder Olympia gewonnen



### **Korrespondenzadresse**

Prof. Dr. med. Beat Knechtle  
Facharzt FMH für Allgemeinmedizin  
Gesundheitszentrum St. Gallen  
Vadianstrasse 26  
9001 St. Gallen  
Switzerland  
Telefon +41 (0) 71 226 93 00  
Telefax +41 (0) 71 226 93 01  
e-Mail [beat.knechtle@hispeed.ch](mailto:beat.knechtle@hispeed.ch)

## Bibliographie

- 1 website <http://eu.ironman.com/triathlon/events/americas/ironman/world-championship.aspx#axzz3sxcrskOh>, letzter Zugriff 23. Januar 2016
- 2 website <http://eu.ironman.com/triathlon/history.aspx#ixzz3sxdCBqgE>, letzter Zugriff 23. Januar 2016
- 3 website <http://eu.ironman.com/triathlon/history.aspx#axzz3sxcrskOh>, letzter Zugriff 23. Januar 2016
- 4 website [www.fitbie.com/slideshow/12-hardest-races-world](http://www.fitbie.com/slideshow/12-hardest-races-world), letzter Zugriff 23. Januar 2016
- 5 Stiefel M, Knechtle B, Rüst CA, Rosemann T. Analysis of performances at the 'Ironman Hawaii triathlon' and its qualifier events with respect to nationality. *J Sci Cycl.* 2013;2:27-34.
- 6 Stiefel M, Rüst CA, Rosemann T, Knechtle B. A comparison of participation and performance trends in age group finishers competing in and qualifying for 'Ironman Hawaii'. *Int J Gen Med.* 2013;6:67-77.
- 7 website <http://eu.ironman.com/events/triathlon-races.aspx?d=ironman#axzz3sxcrskOh>, letzter Zugriff 23. Januar 2016
- 8 website [www.ironman.ch](http://www.ironman.ch), letzter Zugriff 23. Januar 2016
- 9 website [www.9stunden.com](http://www.9stunden.com), letzter Zugriff 23. Januar 2016
- 10 website [www.danielaryf.ch/de/home.html](http://www.danielaryf.ch/de/home.html), letzter Zugriff 23. Januar 2016
- 11 website [https://de.wikipedia.org/wiki/Caroline\\_Steffen/](https://de.wikipedia.org/wiki/Caroline_Steffen/), letzter Zugriff 23. Januar 2016
- 12 website [www.srf.ch/sport/mehr-sport/sports-awards/sportlerinnen-des-jahres](http://www.srf.ch/sport/mehr-sport/sports-awards/sportlerinnen-des-jahres), letzter Zugriff 23. Januar 2016
- 13 Scott RA, Georgiades E, Wilson RH, Goodwin WH, Wolde B, Pitsiladis YP. Demographic characteristics of elite Ethiopian endurance runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35:1727-32.
- 14 Onywera VO, Scott RA, Boit MK, Pitsiladis YP. Demographic characteristics of elite Kenyan endurance runners. *J Sports Sci.* 2006;24:415-22.
- 15 website <http://eu.ironman.com/triathlon/events/americas/ironman/world-championship.aspx#axzz3sxcrskOh>, letzter Zugriff 23. Januar 2016
- 16 Dähler P, Rüst CA, Rosemann T, Lepers R, Knechtle B. Nation related participation and performance trends in 'Ironman Hawaii' from 1985 to 2012. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2014;6:16.
- 17 Knechtle B, Wirth A, Rosemann T. Predictors of race time in male Ironman triathletes: physical characteristics, training or pre race experience? *Percept Mot Skills* 2010;111:437-46.

- 18 Knechtle B, Wirth A, Baumann B, Knechtle P, Rosemann T. Personal best time, percent body fat and training volume are differently associated with race time in male and female Ironman triathletes. *Res Q Exerc Sport*. 2010;81:62-8.
- 19 Neal CM, Hunter AM, Galloway SD. A 6-month analysis of training-intensity distribution and physiological adaptation in Ironman triathletes. *J Sports Sci*. 2011;29:1515-23.
- 20 Muñoz I, Cejuela R, Seiler S, Larumbe E, Esteve-Lanao J. Training-intensity distribution during an ironman season: relationship with competition performance. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014;9:332-9.
- 21 O'Toole ML. Training for ultraendurance triathlons. *Med Sci Sports Exerc*. 1989;21:S209-S13.
- 22 Knechtle B, Wirth A, Knechtle P, Baumann B, Rosemann T, Senn O. Differential correlations between anthropometry, training volume and performance in male and female Ironman triathletes. *J Strength Cond Res*. 2010;24:2785-93.
- 23 Gianoli D, Knechtle B, Knechtle P, Barandun U, Rüst CA, Rosemann T. Comparison between recreational male Ironman triathletes and marathon runners. *Percept Mot Skills*. 2012;115:283-99.
- 24 Knechtle B, Knechtle P, Rüst CA, Rosemann T. A comparison of anthropometric and training characteristics among Ironman and Triple Iron triathletes. *J Sports Sci*. 2011;29:1373-80.
- 25 Rüst CA, Knechtle B, Knechtle P, Wirth A, Rosemann T. A comparison of anthropometric and training characteristics among recreational male Ironman triathletes and ultra-endurance cyclists. *Chin J Physiol*. 2012;55:114-24.
- 26 Rüst CA, Knechtle B, Wirth A, Knechtle P, Ellenrieder B, Rosemann T, Lepers R. Personal best times in an Olympic distance triathlon and a marathon predict an Ironman race time for recreational female triathletes. *Chin J Physiol*. 2012;55:156-62.
- 27 Rüst CA, Knechtle B, Knechtle P, Rosemann T. A comparison of anthropometric and training characteristics between recreational female marathoners and female Ironman triathletes. *Chin J Physiol*. 2013;56:1-10.
- 28 Gilinsky N, Hawkins KR, Tokar TN, Cooper JA. Predictive variables for half-Ironman triathlon performance. *J Sci Med Sport*. 2014;17:300-5.
- 29 Gulbin JP, Gaffney PT. Ultraendurance triathlon participation: typical race preparation of lower level triathletes. *J Sports Med Phys Fitness*. 1999;39:12-5.
- 30 Rüst CA, Knechtle B, Knechtle P, Rosemann T, Lepers R. Personal best times in an Olympic distance triathlon and a marathon predict Ironman race time in recreational male triathletes. *Open Access J Sports Med*. 2011;2:121-9.
- 31 Lepers R, Sultana F, Bernard T, Hausswirth C, Brisswalter J. Age-related changes in triathlon performances. *Int J Sports Med*. 2010;31:251-6.
- 32 Lepers R, Knechtle B, Stapley P. Trends in triathlon performance: Effects of sex and age. *Sports Med*. 2013;43:851-63.

- 33 Lepers R, Rüst CA, Stapley P, Knechtle B. Relative improvements in endurance performance with age: Evidence from 25 years of Hawaii Ironman racing. *Age (Dordr)*. 2013;35:953-62.
- 34 Rüst CA, Knechtle B, Knechtle P, Rosemann T, Lepers R. Age of peak performance in elite male and female Ironman triathletes competing in Ironman Switzerland, a qualifier for the Ironman world championship, Ironman Hawaii' from 1995 to 2011. *Open Access J Sports Med*. 2012;3:175-82.
- 35 Knechtle R, Rüst CA, Rosemann T, Knechtle B. The best triathletes are older in longer race distances - a comparison between Olympic, Half-Ironman and Ironman distance triathlon. *SpringerPlus*. 2014;3:538.
- 36 Stiefel M, Knechtle B, Lepers R. Master triathletes have not reached limits in their Ironman triathlon performance. *Scand J Med Sci Sports*. 2014;24:89-97.
- 37 Lepers R. Analysis of Hawaii ironman performances in elite triathletes from 1981 to 2007. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40:1828-34.
- 38 Lepers R, Maffiuletti NA. Age and gender interactions in ultraendurance performance: insight from the triathlon. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43:134-9.
- 39 Stevenson JL, Song H, Cooper JA. Age and sex differences pertaining to modes of locomotion in triathlon. *Med Sci Sports Exerc*. 2013;45:976-84.
- 40 Stiefel M, Knechtle B, Rüst CA, Rosemann T, Lepers R. The age of peak performance in Ironman triathlon - a cross-sectional and longitudinal data analysis. *Extrem Physiol Med*. 2013;2:27.
- 41 Knechtle B, Rüst CA, Rosemann T, Lepers R. Age- and gender differences in half-Ironman triathlon performances – the Ironman 70.3 Switzerland from 2007 to 2010. *Open Access J Sports Med*. 2012;3:59-66.
- 42 Kandel M, Baeyens JP, Clarys P. Somatotype, training and performance in Ironman athletes. *Eur J Sport Sci*. 2014;14:301-8.
- 43 Knechtle B, Wirth A, Rüst CA, Rosemann T. Relationship between anthropometry and split performance in recreational male Ironman triathletes. *Asian J Sports Med*. 2011;2:23-30.
- 44 Silva DA, Benedetti TR, Ferrari EP, Meurer ST, Antes DL, Silva AM, Santos DA, Matias CN, Sardinha LB, Vieira F, Petroski EL. Anthropometric profiles of elite older triathletes in the Ironman Brazil compared with those of young Portuguese triathletes and older Brazilians. *J Sports Sci*. 2012;30:479-84.
- 45 Knechtle B, Wirth A, Knechtle P, Baumann B, Rosemann T, Senn O. Differential correlations between anthropometry, training volume and performance in male and female Ironman triathletes. *J Strength Cond Res*. 2010;24:2785-93.
- 46 Gianoli D, Knechtle B, Knechtle P, Barandun U, Rüst CA, Rosemann T. Comparison between recreational male Ironman triathletes and marathon runners. *Percept Mot Skills*. 2012;115:283-99.

- 47 Knechtle B, Knechtle P, Rüst CA, Rosemann T. A comparison of anthropometric and training characteristics among Ironman and Triple Iron triathletes. *J Sports Sci.* 2011;29:1373-80.
- 48 Rüst CA, Knechtle B, Knechtle P, Wirth A, Rosemann T. A comparison of anthropometric and training characteristics among recreational male Ironman triathletes and ultra-endurance cyclists. *Chin J Physiol.* 2012;55:114-24.
- 49 Bernheim A, Attenhofer Jost CH, Zuber M, Pfyffer M, Seifert B, De Pasquale G, Linka A, Faeh-Gunz A, Medeiros-Domingo A, Knechtle B. The right ventricle best predicts the race performance in amateur Ironman athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2013;45:1593-9.
- 50 Knechtle B, Knechtle P, Rosemann T. Upper body skin-fold thickness is related to race performance in male Ironman triathletes. *Int J Sports Med.* 2011;32:20-7.
- 51 Rüst CA, Rosemann T, Lepers R, Knechtle B. Changes in transition times in 'Ironman Hawaii' between 1998 and 2013. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2014 Oct 8;6:37.
- 52 Wu SS, Peiffer JJ, Brisswalter J, Nosaka K, Abbiss CR. Factors influencing pacing in triathlon. *Open Access J Sports Med.* 2014;5:223-34.
- 53 Johnson EC, Pryor JL, Casa DJ, Belval LN, Vance JS, Demartini JK, Maresh CM, Armstrong LE. Bike and run pacing on downhill segments predict Ironman triathlon relative success. *J Sci Med Sport.* 2015;18:82-7.
- 54 Robins A. Nutritional recommendations for competing in the Ironman triathlon. *Curr Sports Med Rep.* 2007;6:241-8.
- 55 Hiller WD. Dehydration and hyponatremia during triathlons. *Med Sci Sports Exerc.* 1989;21:S219-S221.
- 56 Speedy DB, Noakes TD, Rogers IR, Helleman I, Kimber NE, Boswell DR, Campbell R, Kuttner JA. A prospective study of exercise-associated hyponatremia in two ultradistance triathletes. *Clin J Sport Med.* 2000;10:136-41.
- 57 Speedy DB, Noakes TD, Boswell T, Thompson JM, Rehrer N, Boswell DR. Response to a fluid load in athletes with a history of exercise induced hyponatremia. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33:1434-42.
- 58 Noakes TD, Sharwood K, Collins M, Perkins DR. The dipsomania of great distance: water intoxication in an Ironman triathlete. *Br J Sports Med.* 2004;38:E16.
- 59 Speedy DB, Noakes TD, Rogers IR, Thompson JM, Campbell RG, Kuttner JA, Boswell DR, Wright S, Hamlin M. Hyponatremia in ultradistance triathletes. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31:809-15.
- 60 Richter S, Betz C, Geiger H. Severe hyponatremia with pulmonary and cerebral edema in an Ironman triathlete. *Dtsch Med Wochenschr.* 2007;132:1829-32.
- 61 Severac M, Orban JC, Leplatot T, Ichai C. A near-fatal case of exercise-associated hyponatremia. *Am J Emerg Med.* 2014;32:813.e1-2.

- 62 Stefanko G, Lancashire B, Coombes JS, Fassett RG. Pulmonary oedema and hyponatraemia after an ironman triathlon. *BMJ Case Rep.* 2009;2009. pii: bcr04.2009.1764.
- 63 Meyer M, Knechtle B, Bürge J, Knechtle P, Mrazek C, Wirth A, Ellenrieder B, Rüst CA, Rosemann T. Ad libitum fluid intake leads to no leg swelling in male Ironman triathletes - an observational field study. *J Int Soc Sports Nutr.* 2012;9:40.
- 64 website [www.welt.de/sport/fitness/article143731940/Triathlet-30-stirbt-weil-er-zu-viel-Wasser-trank.html](http://www.welt.de/sport/fitness/article143731940/Triathlet-30-stirbt-weil-er-zu-viel-Wasser-trank.html), letzter Zugriff 23. Januar 2016
- 65 Schabort EJ, Killian SC, St Clair Gibson A, Hawley JA, Noakes TD. Prediction of triathlon race time from laboratory testing in national triathletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32:844-9.
- 66 Billat VL, Demarle A, Slawinski J, Paiva M, Koralsztejn JP. Physical and training characteristics of top-class marathon runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33:2089-97.
- 67 Millet GP, Bentley DJ. The physiological responses to running after cycling in elite junior and senior triathletes. *Int J Sports Med.* 2004;25:191-7.
- 68 Laurenson NM, Fulcher KY, Korkia P. Physiological characteristics of elite and club level female triathletes during running. *Int J Sports Med.* 1993;14:455-9.
- 69 Suriano R, Bishop D. Physiological attributes of triathletes. *J Sci Med Sport.* 2010;13:340-7.
- 70 Knechtle B, Knechtle R, Stiefel M, Zingg MA, Rosemann T, Rüst CA. Variables that influence Ironman triathlon performance - what changed in the last 35 years? *Open Access J Sports Med.* 2015;6:277-90.
- 71 Hausswirth C, Vallier JM, Lehenaff D, Brisswalter J, Smith D, Millet G, Dreano P. Effect of two drafting modalities in cycling on running performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33:485-92.
- 72 Hue O. Prediction of drafted-triathlon race time from submaximal laboratory testing in elite triathletes. *Can J Appl Physiol.* 2003;28:547-60.
- 73 O'Toole ML, Douglas PS, Hiller WD. Lactate, oxygen uptake, and cycling performance in triathletes. *Int J Sports Med* 1989;10:413-8.
- 74 Deitrick RW. Physiological responses of typical versus heavy weight triathletes to treadmill and bicycle exercise. *J Sports Med Phys Fitness.* 1991;31:367-75.
- 75 website [www.danielaryf.ch/de/home.html](http://www.danielaryf.ch/de/home.html), letzter Zugriff 23. Januar 2016
- 76 website <http://mirindacarfrae.com>, letzter Zugriff 23. Januar 2016
- 77 website <http://leandacave.com>, letzter Zugriff 23. Januar 2016
- 78 website [www.chrissiewellington.org](http://www.chrissiewellington.org), letzter Zugriff 23. Januar 2016
- 79 website [www.triathlon.org/athletes/results/5499/michellie\\_jones](http://www.triathlon.org/athletes/results/5499/michellie_jones), letzter Zugriff 23. Januar 2016

- 80 website [https://de.wikipedia.org/wiki/Natascha\\_Badmann](https://de.wikipedia.org/wiki/Natascha_Badmann), letzter Zugriff 23. Januar 2016
- 81 website [www.frodeno.com](http://www.frodeno.com), letzter Zugriff 23. Januar 2016
- 82 website [www.sebastiankienle.de](http://www.sebastiankienle.de), letzter Zugriff 23. Januar 2016
- 83 website [www.frederikvanlierde.com](http://www.frederikvanlierde.com), letzter Zugriff 23. Januar 2016
- 84 website [www.petejacobs.com](http://www.petejacobs.com), letzter Zugriff 23. Januar 2016
- 85 website [www.craigalexander.net](http://www.craigalexander.net), letzter Zugriff 23. Januar 2016
- 86 website [https://de.wikipedia.org/wiki/Chris\\_McCormack](https://de.wikipedia.org/wiki/Chris_McCormack), letzter Zugriff 23. Januar 2016
- 87 website [https://de.wikipedia.org/wiki/Normann\\_Stadler](https://de.wikipedia.org/wiki/Normann_Stadler), letzter Zugriff 23. Januar 2016
- 88 website [www.faris-al-sultan.de](http://www.faris-al-sultan.de), letzter Zugriff 23. Januar 2016

<b>Jahr</b>	<b>Siegerin</b>	<b>Alter</b>	<b>Nationalität</b>	<b>Schlusszeit (h:min:sec)</b>
2015	Daniela Ryf	28	SUI	08:57:57
2014	Mirinda Carfrae	33	AUS	09:00:55
2013	Mirinda Carfrae	32	AUS	08:52:14
2012	Leanda Cave	34	GBR	09:15:54
2011	Chrissie Wellington	34	GBR	08:55:08
2010	Mirinda Carfrae	29	AUS	08:58:36
2009	Chrissie Wellington	32	GBR	08:54:02
2008	Chrissie Wellington	31	GBR	09:06:23
2007	Chrissie Wellington	30	GBR	09:08:45
2006	Michellie Jones	37	AUS	09:18:31
2005	Natascha Badmann	38	SUI	09:09:30
2004	Natascha Badmann	37	SUI	09:50:04
2003	Lori Bowden	36	CAN	09:11:55
2002	Natascha Badmann	35	SUI	09:07:54
2001	Natascha Badmann	34	SUI	09:28:37
2000	Natascha Badmann	33	SUI	09:26:16
1999	Lori Bowden	32	CAN	09:13:02
1998	Natascha Badmann	31	SUI	09:24:16
1997	Heather Fuhr	29	CAN	09:31:43
1996	Paula Newby-Fraser	34	ZIM	09:06:49
1995	Karen Smyers	34	USA	09:16:46
1994	Paula Newby-Fraser	32	ZIM	09:20:14
1993	Paula Newby-Fraser	31	ZIM	08:58:23
1992	Paula Newby-Fraser	30	ZIM	08:55:28
1991	Paula Newby-Fraser	29	ZIM	09:07:52
1990	Erin Baker	29	NZL	09:13:42
1989	Paula Newby-Fraser	27	ZIM	09:00:56
1988	Paula Newby-Fraser	26	ZIM	09:01:01
1987	Erin Baker	26	NZL	09:35:25
1986	Paula Newby-Fraser	24	ZIM	09:49:14
1985	Joanne Ernst	26	USA	10:25:22
1984	Sylviane Puntous	23	CAN	10:25:13
1983	Sylviane Puntous	22	CAN	10:43:36
1982	Julie Leach	25	USA	10:54:08
1982	Kathleen McCartney	23	USA	11:09:40
1981	Linda Sweeney		USA	12:00:32
1980	Robin Beck		USA	11:21:24
1979	Lyn Lemaire		USA	12:55:38

**Tabelle 1** Die Siegerinnen des 'Ironman Hawaii' seit 1979 mit Alter und Nationalität



<b>Jahr</b>	<b>Sieger</b>	<b>Alter</b>	<b>Nationalität</b>	<b>Schlusszeit (h:min:sec)</b>
2015	Jan Frodeno	34	GER	08:14:40
2014	Sebastian Kienle	30	GER	08:14:18
2013	Frederik Van Lierde	34	BEL	08:12:29
2012	Pete Jacobs	30	AUS	08:18:37
2011	Craig Alexander	38	AUS	08:03:56
2010	Chris McCormack	37	AUS	08:10:37
2009	Craig Alexander	36	AUS	08:20:21
2008	Craig Alexander	35	AUS	08:17:45
2007	Chris McCormack	34	AUS	08:15:34
2006	Normann Stadler	33	GER	08:11:56
2005	Faris Al-Sultan	27	GER	08:14:17
2004	Normann Stadler	31	GER	08:33:29
2003	Peter Reid	34	CAN	08:22:35
2002	Tim DeBoom	31	USA	08:29:56
2001	Tim DeBoom	30	USA	08:31:18
2000	Peter Reid	31	CAN	08:21:00
1999	Luc Van Lierde	30	BEL	08:17:17
1998	Peter Reid	29	CAN	08:24:20
1997	Thomas Hellriegel	26	GER	08:33:01
1996	Luc Van Lierde	27	BEL	08:04:08
1995	Mark Allen	37	USA	08:20:34
1994	Greg Welch	29	AUS	08:20:27
1993	Mark Allen	35	USA	08:07:45
1992	Mark Allen	34	USA	08:09:08
1991	Mark Allen	33	USA	08:18:32
1990	Mark Allen	32	USA	08:28:17
1989	Mark Allen	31	USA	08:09:15
1988	Scott Molina	28	USA	08:31:00
1987	Dave Scott	33	USA	08:34:13
1986	Dave Scott	32	USA	08:28:37
1985	Scott Tinley	29	USA	08:50:54
1984	Dave Scott	30	USA	08:54:20
1983	Dave Scott	29	USA	09:05:57
1982	Dave Scott	28	USA	09:08:23
1982	Scott Tinley	25	USA	09:19:41
1981	John Howard	33	USA	09:38:29
1980	Dave Scott	26	USA	09:24:33
1979	Tom Warren		USA	11:15:56
1978	Gordon Haller	28	USA	11:46:40

**Tabelle 2** Die Sieger des 'Ironman Hawaii' seit 1978 mit Alter und Nationalität

<b>Jahr</b>	<b>Name</b>	<b>Siege</b>	<b>Referenz</b>
2015	Daniela Ryf	2015 WM Half-Ironman 2015 Half-Ironman Switzerland 2015 Half-Ironman Mallorca 2015 Challenge Fuerteventura 2015 Challenge Dubai 2014 WM Half-Ironman 2014 Half-Ironman Germany 2014 5150 Zurich 2014 Half-Ironman Switzerland 2013 Half-Ironman Germany 2012 5150 Klagenfurt 2008 ITU WM Olympische Distanz U23 2005 ETU EM Olympische Distanz Junioren 2004 ETU EM Olympische Distanz Junioren	75
2014	Mirinda Carfrae	2014 Ironman Roth 2013 Ironman Hawaii 2010 Ironman Hawaii 2007 Half-Ironman Clearwater	76
2013	Mirinda Carfrae	2010 Ironman Hawaii 2007 Half-Ironman Clearwater	76
2012	Leanda Cave	2012 Half-Ironman Las Vegas 2011 Ironman Arizona 2007 ITU WM Langdistanz-Triathlon 2002 ITU WM Olympische Distanz 2001 ETU EM Olympische Distanz	77
2011	Chrissie Wellington	2011 Ironman Roth 2011 Ironman South Africa 2010 Ironman Arizona 2010 Ironman Roth 2009 Ironman Hawaii 2009 Ironman Roth 2009 Ironman Australia 2008 Ironman Hawaii 2008 ITU WM Langdistanz-Triathlon 2008 Ironman Germany 2008 Ironman Australia 2007 Ironman Hawaii 2007 Ironman Korea 2006 ITU WM Olympische Distanz	78
2010	Mirinda Carfrae	2007 Half-Ironman Clearwater	76
2009	Chrissie Wellington	2009 Ironman Roth 2009 Ironman Australia 2008 Ironman Hawaii 2008 ITU WM Langdistanz-Triathlon 2008 Ironman Germany 2008 Ironman Australia 2007 Ironman Hawaii 2007 Ironman Korea 2006 ITU WM Langdistanz-Triathlon	78
2008	Chrissie Wellington	2008 ITU WM Langdistanz-Triathlon 2008 Ironman Germany 2008 Ironman Australia 2007 Ironman Hawaii 2007 Ironman Korea 2006 ITU WM Langdistanz-Triathlon	78
2007	Chrissie Wellington	2007 Ironman Korea 2006 ITU WM Langdistanz-Triathlon	78
2006	Michellie Jones	2006 Ironman Arizona 2004 Ironman Florida 1993 ITU WM Olympische Distanz	79

		1992 ITU WM Olympische Distanz	
2005	Natascha Badmann	2005 Ironman South Africa 2005	80
		2004 Ironman Hawaii 2004	
		2002 Ironman Hawaii 2002	
		2001 Ironman Hawaii 2001	
		2001 Ironman California 2001	
		2000 Ironman Hawaii 2000	
		1998 Ironman Hawaii 1998	
		1997 ETU EM Olympische Distanz	
2004	Natascha Badmann	2002 Ironman Hawaii 2002	80
		2001 Ironman Hawaii 2001	
		2001 Ironman California 2001	
		2000 Ironman Hawaii 2000	
		1998 Ironman Hawaii 1998	
		1997 ETU EM Olympische Distanz	

**Tabelle 3** Die Siegerinnen am 'Ironman Hawaii' von 2004 bis 2015 und deren Siege über die Ironman-Distanz und kürzere Triathlon-Rennen vor dem Sieg am 'Ironman Hawaii'

<b>Jahr</b>	<b>Name</b>	<b>Siege</b>	<b>Referenz</b>
2015	Jan Frodeno	2015 EM Ironman Frankfurt 2015 WM Half-Ironman 2008 Olympische Spiele Olympische Distanz	81
2014	Sebastian Kienle	2014 Ironman Frankfurt 2013 Half-Ironman Las Vegas 2012 Half-Ironman Las Vegas 2009 Half-Ironman Wiesbaden	82
2013	Frederik Van Lierde	2013 Ironman Nizza 2013 Ironman Abu Dhabi 2012 Ironman Nizza 2011 Ironman Nizza 2011 Ironman Abu Dhabi 2007 Half-Ironman Brasschaat	83
2012	Pete Jacobs	2011 Ironman Australia	84
2011	Craig Alexander	2011 Half-Ironman Las Vegas 2011 Ironman Coeur d'Alene 2009 Ironman Hawaii 2008 Ironman Hawaii 2006 Half-Ironman Clearwater	85
2010	Chris McCormack	2008 Ironman Frankfurt 2007 Ironman Roth 2007 Ironman Hawaii 2006 Ironman Roth 2006 Ironman Australia 2005 Ironman Roth 2005 Ironman Australia 2004 Ironman Roth 2004 Ironman Australia 2003 Ironman Australia 2002 Ironman Australia	86
2009	Craig Alexander	2008 Ironman Hawaii 2006 Half-Ironman Clearwater	85
2008	Craig Alexander	2006 Half-Ironman Clearwater	85
2007	Chris McCormack	2006 Ironman Roth 2006 Ironman Australia 2005 Ironman Roth 2005 Ironman Australia 2004 Ironman Roth 2004 Ironman Australia 2003 Ironman Australia 2002 Ironman Australia	86
2006	Normann Stadler	2005 Ironman Frankfurt 2004 Ironman Hawaii 2001 Ironman Australia 2000 Ironman Australia	87
2005	Faris Al-Sultan	2005 Ironman Arizona	88
2004	Normann Stadler	2001 Ironman Australia 2000 Ironman Australia	87

**Tabelle 4** Die Sieger am 'Ironman Hawaii' von 2004 bis 2015 und deren Siege über die Ironman-Distanz und kürzere Triathlon-Rennen vor dem Sieg am 'Ironman Hawaii'

<b>Frauen</b>	<b>Schwimmen</b>	<b>Radfahren</b>	<b>Laufen</b>	<b>Gesamtzeit</b>
Linda Sweeney	01:02:07	06:53:28	04:04:57	12:00:32
Sally Edwards	01:28:30	06:58:36	04:10:19	12:37:25
Lyn Brooks	01:20:07	07:13:11	04:08:57	12:42:15
Cynthia Marks	01:11:07	07:33:02	04:16:42	13:00:51
Kika Walker	01:08:17	07:21:47	05:03:25	13:33:29
Nancy Kummen	01:51:17	06:26:06	05:16:43	13:34:16
Georgia Gatch	01:05:37	07:23:36	05:51:47	14:21:00
Carol Laplant	01:45:27	07:43:49	04:54:59	14:24:15
Christa Obara	02:10:44	07:48:50	04:44:33	14:44:07
Patricia Specht	01:57:06	07:41:13	05:11:49	14:50:08
<b>Mittelwert</b>	01:30:02	07:18:22	04:46:25	13:34:50

  

<b>Männer</b>				
John Howard	01:11:12	05:03:29	03:23:48	09:38:29
Tom Warren	59:40:00	05:37:09	03:27:49	10:04:28
Scott Tinley	01:05:34	05:47:52	03:19:21	10:12:47
Thomas Boughey	56:26:00	05:57:00	03:30:14	10:23:40
Dennis Hansen	01:03:48	06:01:45	03:21:10	10:26:43
Dante Dettamanti	01:01:09	05:36:15	03:41:38	10:29:02
James Butterfield	01:27:48	05:58:30	03:05:08	10:31:26
Jonathan Durst	58:07:00	05:33:47	04:02:17	10:34:11
Conrad Kress	01:02:26	05:49:40	03:46:09	10:38:15
Ronald Krueper	01:02:56	06:00:57	03:25:28	10:39:11
<b>Mittelwert</b>	01:04:24	05:44:38	03:30:18	10:21:49

**Tabelle 5** Zeiten (h:min:sec) für Schwimmen, Radfahren, und Laufen sowie die Gesamtzeit für die Top-10 Frauen und Männer im Jahr 1981

<b>Frauen</b>	<b>Schwimmen</b>	<b>Radfahren</b>	<b>Laufen</b>	<b>Gesamtzeit</b>
Daniela Ryf	00:56:14	04:50:46	03:06:37	08:57:57
Rachel Joyce	00:56:11	05:01:29	03:08:42	09:10:59
Liz Blatchford	00:56:13	05:07:25	03:06:25	09:14:52
Michelle Vesterby	00:56:11	05:00:41	03:17:14	09:18:50
Heather Jackson	01:04:36	05:04:43	03:07:53	09:21:45
Susie Cheetham	00:57:39	05:14:33	03:06:55	09:23:50
Sarah Piampiano	01:10:01	05:02:28	03:06:33	09:24:32
Camilla Pedersen	00:56:14	04:59:17	03:25:23	09:25:41
Caroline Steffen	00:56:16	05:10:53	03:15:27	09:27:54
Lucy Gossage	01:05:08	05:02:40	03:15:51	09:28:36
Mittelwert	00:59:28	05:03:30	03:11:42	09:19:30
<b>Männer</b>				
Jan Frodeno	00:50:50	04:27:27	02:52:21	08:14:40
Andreas Raelert	00:52:24	04:30:52	02:50:02	08:17:43
Timothy O'Donnell	00:52:24	04:26:13	02:55:46	08:18:50
Andy Potts	00:50:56	04:32:41	02:53:45	08:21:25
Tyler Butterfield	00:52:33	04:29:35	02:56:19	08:23:09
Eneko Llanos	00:52:36	04:26:56	03:04:10	08:28:10
Cyril Viennot	00:52:35	04:34:27	02:53:05	08:25:05
Sebastian Kienle	00:52:36	04:25:53	03:06:08	08:29:43
Brent McMahon	00:52:26	04:27:51	03:06:02	08:30:13
Boris Stein	00:57:27	04:30:48	02:58:48	08:31:43
Mittelwert	00:52:41	04:29:16	02:57:39	08:24:04

**Tabelle 6** Zeiten (h:min:sec) für Schwimmen, Radfahren, und Laufen sowie die Gesamtzeit für die Top-10 Frauen und Männer im Jahr 2015

## **Legenden zu den Abbildungen**

- Abbildung 1**            Verteilung nach Nationalitäten der Top-3 Frauen seit Beginn des ,Ironman Hawaii‘
- Abbildung 2**            Verteilung nach Nationalitäten der Top-3 Männer seit Beginn des ,Ironman Hawaii‘
- Abbildung 3**            Verlauf des Alters der Top-10 Frauen am ,Ironman Hawaii‘ seit Beginn des ,Ironman Hawaii‘
- Abbildung 4**            Verlauf des Alters der Top-10 Männer am ,Ironman Hawaii‘ seit Beginn des ,Ironman Hawaii‘
- Abbildung 5**            Verlauf der Gesamtzeit der Top-10 Frauen am ,Ironman Hawaii‘ seit Beginn des ,Ironman Hawaii‘
- Abbildung 6**            Verlauf der Gesamtzeit der Top-10 Männer am ,Ironman Hawaii‘ seit Beginn des ,Ironman Hawaii‘